

# How to use Open Wire Feedlines

Peter Beyer, PA3AEF  
Essenburg 113, NL-3328 CD Dordrecht

**Abstract:** Peter describes the correct design and use of open wire feed lines for arrays of yagi antennas. This method of combining arrays for EME had been popular during those days, when colinear arrays had been the ultimate, albeit low gain antenna in comparison to modern yagis, but had been forgotten, when the first systems with modern high gain yagis with larger stacking distances came up. It was rediscovered by DL9KR<sup>1 2 3</sup> in 1979 for his 16 yagi array and made popular again by his big success on 432 EME. The main advantage is extremely low loss and hence a low antenna temperature being so important on the higher bands above 144 MHz.

**Kurzfassung:** Peter beschreibt das richtige Design und den korrekten Gebrauch von offenen Feed-Leitungen zum Zusammenschalten von Yagi-Gruppen. Diese Methode der Zusammenschaltung war in den alten Tagen von Kolinear-Antennen sehr populär, wurde dann aber mit dem Aufkommen von Hochgewinn-Yagi-Antennen vergessen. DL9KR hat diese Art dann 'wiederentdeckt', um seine 16 Yagi-Gruppe mit sehr niedrigen Verlusten zusammenzuschalten. Die resultierende niedrige Antennentemperatur und die dadurch bedingte hervorragende Systemempfindlichkeit wurden durch seine Erfolge auf 423 EME bestätigt und animierte viele Amateure zum Nachbau.

## Introduction/Einführung

As the title says, one might think that using Open Wire Feed-line on VHF/UHF has some hidden secrets. Nevertheless this is not true. If you start using Open Wire Feedline, there are a couple basic rules to bear in mind to prevent you from total disaster and a little practice with Ohms law. A typical usage of Open Wire Feedline is the stacking of two or more yagi's. With a couple of case studies I will explain the

- 
- 1 *Jan Bruinier, DL9KR, 16 Quagi EME Antennea for 432, 432 EME Newsletter, August 1980*
  - 2 *Jan Bruinier, DL9KR, 16 Yagi EME Antenna, 432 EME Newsletter, October 1983*
  - 3 *Feilhauer&Stotz, Handbuch für den Funkamateuer, Siemens Verlag, Berlin 1979, pp. 284-287*

advantages and disadvantages of the different configurations one can have in a 4-yagi system. Let us assume a 4 yagi system with  $200\Omega$  ohm feedpoint impedance for the individual yagi mounted in an H-frame. One of the basic rules for Open Wire feedline is, that the line has to run straight, which we will take into account in all our cases. Another golden rule is that in our case (stacking of yagi's) the only purpose of the phasing harness is to combine two or more yagi's producing a "known" impedance at the central feedpoint. This actually applies to any kind of feedline.

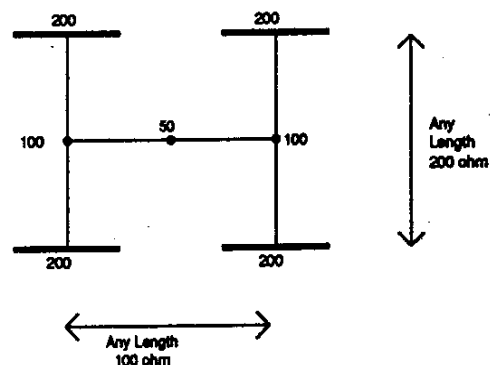
Wenn man offene Zweidraht-Leitungen zum Zusammenschalten von Yagi-Antennen benutzen will, muß man für ein gutes System einige Regeln beachten, die vielleicht nicht jedem vertraut sind. Andernfalls kann man leicht Mißerfolge erleben. An Hand von drei Fallstudien für Gruppen aus 4 Yagi's werde ich die möglichen Konfigurationen und deren Vor- und Nachteile erklären. Wir nehmen an, daß die Einzelantennen einer Gruppe jeweils  $200\Omega$  Impedanz haben und in H-Konfiguration gestockt sind. Die erste Regel ist, daß die Speiseleitungen grundsätzlich gerade und senkrecht oder waagrecht verlaufen, um unnötige Abstrahlungsverluste zu vermeiden. Der zweite Grundsatz ist, zwei Yagi's jeweils auf eine Nennimpedanz zusammenzuschalten, z.B. zwei mal  $200\Omega$  wieder auf  $200\Omega$  und so fort.

### Case 1/Fall 1

When we combine two  $200\Omega$  yagis (e.g. the left section of our bay of four) with  $200\Omega$  feedline we will produce an impedance of  $100\Omega$  at the junction. So to combine the right and left section ( $100\Omega$  feeds) of our bay of four, we have to use  $100\Omega$  feedline to get down to a  $50\Omega$  symmetric feedpoint at the centre of our 4-yagi system. One of the big drawbacks in this case is the use of  $100\Omega$  feedline. To make a symmetric feedline with an impedance of  $100\Omega$  using 3 mm diameter wire, the conductors centres are only 7 mm apart. This is virtually impossible to get this properly working.

#### Fall 1

Wenn wir 2 Yagi's wie in Bild 1 mit  $200\Omega$  Leitungen zusammenschalten, bekommen wir an dem Summenpunkt eine Impedanz von  $100\Omega$ . Diese wieder kombiniert mit einer  $100\Omega$  Leitung ergeben dann  $50\Omega$  am zentralen Punkt der Gruppe. Diese Art der Zusammenschaltung ist sehr ungünstig, da man kaum eine  $100\Omega$  Leitung herstellen kann, weil der Abstand der Leitungen bei einem Draht von 3 mm Durchmesser nur 7 mm beträgt.



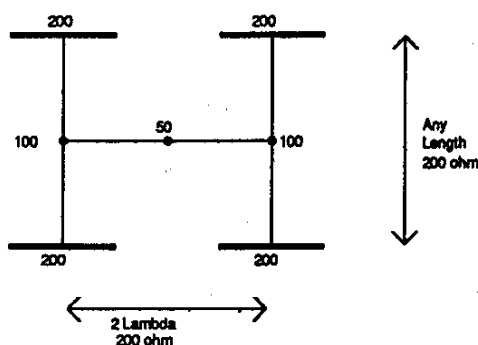
Bild/Figure 1: Case 1: Aperiodic Feeder

### Case 2

To get rid of the  $100\Omega$  feedline which combines the right and left section of the array, we could think of using  $200\Omega$  feedline, like the upper and lower yagi's. However, since we have to end up with  $50\Omega$  at the centre feedpoint of the harness we are stuck to a certain length of  $200\Omega$  wire. These lengths have to be multiples of a  $1/2$  wavelength, otherwise we are transforming our  $100\Omega$  feedpoint. Remembering that

Open Wire feedline has to run straight to be a successful, we can stack our horizontal yagi's at 2 wavelengths apart. Before we continue with case 3 let us ask ourselves some questions:

- Are we able to make a perfect 200Ω impedance feedline? No we are not, as the wind will change the shape of the feedline and the rain will change the dielectric of the feedline, so the impedance will change. This will make your system totally unusefull if thinking of EME, not even to think about ice-rain and snow...
- Are our yagi's performing well at a stackings distance of 2 wavelengths? Oops, we totally forgot that we just took the longest super-doooper yagi's available today! So we first have to design the open wire phasing harness before we design the antenna. (i.e. build the antenna which has the optimum stacking distance for a given Open Wire length!)



Remembering that the only purpose of a phasing harness is to producing a "known" impedance at the central feed-point, we want to achieve this without being dependent on the impedance of the phasing line itself, because we simply do not know the impedance of the feedline anymore after bird and rain attacks. There is a way to do this if running a 4 yagi system, by making the central feedpoint the same impedance as each of the individual yagis's. This leads us to case 3.

Bild/Figure 2: Case 2/Fall 2

### Fall 2

Um nicht mit einer 100Ω Leitung wie in Fall 1 arbeiten zu müssen, kann man auf

die Idee kommen, die 100Ω Punkte der Zweiergruppen mit  $\frac{\lambda}{2}$  langen oder geradzahligen Vielfachen von 200Ω Kabel zuzuschalten. Bei langen Stücken findet keine Transformation statt. Somit würden wir dann die 100Ω reproduzieren und die Parallelschaltung wäre wieder 50Ω. Diese Art hat mehrere Nachteile:

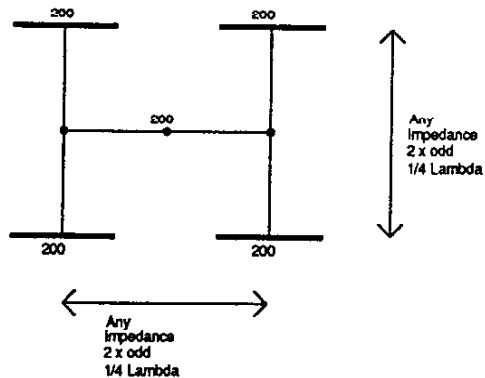
- Wir sind mit dem Stockungsabstand auf Vielfache von  $\frac{\lambda}{2}$  festgelegt.
- Man muß exakt eine 200Ω Leitung herstellen, die auch unter Wind und Regen diese Impedanz behält.

Besser wäre eine Lösung, in der die kombinierte Impedanz am Zusammenschaltspunkt exakt der Impedanz der Einzelantennen entspricht und unabhängig von der aktuellen Impedanz der Phasenleitungen ist. Das wird in Fall 3 erläutert.

### Case 3

When two yagi's are combined together, producing the same impedance as the individual yagi's we have to up-transform the yagi impedance to a value, twice the individual impedance (400Ω). We can do this with an odd number of quarterwave transformers of a known impedance (282Ω). The same applies to the left and right section of our H-frame, as we now have two impedances of 200Ω again, which we to

up-transform to  $400\Omega$  to produce  $200\Omega$  at the centre feedpoint. So we have our 4 yagis all connected together with  $282\Omega$  Open Wire feedline. Now what will happen when it starts to rain ? The impedance of the feedline (= quarterwave transformer) will change, let's say to  $120\Omega$ , so the impedance at the first junction from the upper and lower yagi will change from  $200\Omega$  ohm down to  $36\Omega$ ! As we now need to up-transform  $36\Omega$  to  $400\Omega$  ohm to make a  $200\Omega$  at the centre feedpoint of all the 4 yagi's, we need a transformer with  $120\Omega$  impedance! So you see, no matter what the impedance of the Open Wire feedline is, when using 4, 16, 32 yagi's you will always find the impedance of the individual yagi or section back at the centre. The only prerequisite is that you HAVE TO USE quarter wave transformers. If we look at a 70cm system, consisting of four 7 wavelength yagi's, we can stack them 10 quarter wavelengths apart, which happens to be the optimum spacing also. If we want a 2m system using this scheme, we have to take the next step down which would be 6 quarter wavelengths, as this consists of two transformers of 3 quarter wavelengths long. An example of a matching yagi for this would be the DJ9-2-2.1 from DJ9BV<sup>4</sup>. DJ9BV notes that the range of valid stacking ranges is between 80 and 105 percent of the optimum values, so the DJ9-2-3.2 would also be a valid choice.



Bild/Figure 3: Case 3/Fall 3

As coaxial feedline, Open Wire feedline also has a velocity factor which is approximately 0.96 for  $200\Omega$  ohm feedline. This means that our 70cm system would have feedline lengths of 0.835m so we can stack them at 1.67m, while our 2m system would have 1.50m lengths, so we stack them at 3.00m. You see that using Open Wire feedline is not possible for every antenna system available. It's a matter of compromises, unless a real matching yagi is chosen.

So bear in mind the following when using Open Wire feedline to stack yagi's:

- Keep the VSWR low.
- Let the feedline run straight.
- Design the phasing harness before buy/build the antenna.
- Use a 4:1 Sleeve balun to go from  $200\Omega$  ohm symmetric to  $50\Omega$  asymmetric at the centre

### Fall 3

Wenn wir zwei Antennen mit  $200\Omega$  Fußpunktimpedanz zusammenschalten wollen und genau die alte Impedanz als kombinierte Impedanz wiedererhalten wollen, schaltet man die zwei Einzelantennen mit 2 Viertelwellen-Transformatoren von  $282\Omega$  zusammen. Damit wird jede Einzelantenne auf  $400\Omega$  transformiert und am Zusammenschaltspunkt ergeben sich dann  $400/2=200\Omega$ . Die Viertelwellen-Transformatoren

<sup>4</sup> R. Bertelsmeier, DJ9BV, Yagi Antennas for 144 MHz, DUBUS 1/1990, PP. 19-30

müssen in der Länge ein ungeradzahliges Vielfaches von  $\frac{\lambda}{4}$  sein . Jede Zweier-Gruppe wird genauso kombiniert und bekommt genau wieder  $200\Omega$  am Fußpunkt der Vierergruppe. Wenn sich jetzt z.B. die Impedanz der  $282\Omega$  Leitung ändert, z.B. wegen Regen nur noch  $120\Omega$  beträgt, dann ändert sich natürlich die Transformation. Am ersten Summen-Punkt ergeben sich dann  $\frac{1}{2} \times \frac{120^2}{200} = 36\Omega$ . Um diese  $36\Omega$  wieder auf  $400\Omega$  zu bringen, braucht man genau eine Leitung von  $120\Omega$  . Es ist unmittelbar klar, daß für jede geradzahlige 2-er Potenz von Antennen (4, 16, 32 usw.) man immer am Zusammenschaltpunkt die Impedanz der Einzelantenne findet und zwar unabhängig von der tatsächlichen Impedanz der Zusammenschaltleitungen, man muß nur ungeradzahlige Vielfache von  $\frac{\lambda}{4}$  für die Länge der Phasenleitungen wählen. Soweit die Theorie. In der Praxis sollte man ein paar Hinweise beherzigen, um den besten Erfolg mit offenen Zweidrahtleitungen zu erzielen.

- Der Verkürzungsfaktor für Zweidrahtleitung ist ca. 0,96
- Die Zweidrahtleitungen sollen gerade und senkrecht zu den Antennen laufen
- Das VSWR soll möglichst niedrig sein, deswegen sollen  $282\Omega$  Leitungen verwendet werden
- Man kann nur bestimmte Stockungsabstände verwenden. Daher müssen die Antennen auch einen Stockungsabstand haben, der dazu paßt.